Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 14, No. 1, June 2023, p. 19-33
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.2206-1026

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۴ شمارهٔ ۱، نیمهٔ اوّل ۱۴۰۲
صفحهٔ ۳۳-۱۹ ، نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیای چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

حبیب‌اله رحیمی[۱]، حمیدرضا عشقی‌زاده[۲*]، جمشید رزمجو[۳]، مرتضی زاهدی[۴]، عادل غدیری[۵] و مرضیه اسدی[۶]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ rahimy0163@gmail.com
شناسه ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۸۵۲۶-۵۹۸۵

۲- دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ hr.eshghizadeh@iut.ac.ir
شناسه ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۰۴۷۷-۰۳۱۵

۳- استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ krazmjoo@cc.iut.ac.ir
شناسه ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۱-۶۰۶۰-۲۹۱۷

۴- دانشیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ mzahedi@iut.ac.ir
شناسه ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۰۴۵۱-۴۷۹۲

۵- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی؛ A.Ghadiri@areeo.ac.ir
شناسه ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۲-۹۰۴۶-۶۶۵۰

۶- دانش‌آموخته دکترای زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان؛ marziyeh.asadi@ag.iut.ac.ir
شناسه ارکید: ۰۰۰۰-۰۰۰۱-۹۵۱۴-۵۲۹۳

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۷، بازنگری: ۱۴۰۱/۰۱/۱۴، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۷؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
رحیمی، ح.ا.، عشقی‌زاده، ح.ر.، رزمجو، ج.، زاهدی، م.، غدیری، ع.، و اسدی، م. ۱۴۰۲. ارزیابی عملکرد و برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیای چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۴(۱): ۳۳-۱۹.

چکیده

این آزمایش در مزرعه پردیس تحقیقات و آموزش لوبیای خمین به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸ انجام شد. رژیم آبیاری به عنوان کرت اصلی شامل ۵۰ (I_1)، ۷۰ (I_2) و ۱۱۰ (I_3) میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A بود. هجده ژنوتیپ لوبیاچیتی به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد. تنش خشکی باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک و دانه شد. به علاوه، میزان این کاهش با افزایش شدت تنش خشکی بیشتر بود. با توجه به ضرایب همبستگی بین صفات در رژیم آبیاری I_3 یا تنش شدید، همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته مثبت و معنی‌دار بود. ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی از نظر شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، شاخص برداشت و شاخص تحمل به خشکی (STI) در شرایط تنش ملایم و شدید تفاوت معنی‌داری داشتند. در بین ژنوتیپ های مورد مطالعه، با توجه به شاخص تحمل به خشکی از نظر عملکرد دانه، ژنوتیپ غفار به عنوان ژنوتیپ متحمل به خشکی شناسایی شد. به طور کلی، تنوع قابل‌توجهی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در پاسخ به سطوح مختلف آبیاری وجود داشت که می‌توان از آن برای اصلاح‌نژاد و انتخاب لوبیاچیتی برای تحمل به خشکی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: امنیت غذایی؛ پایداری تولید؛ خشکی؛ شاخص تحمل به خشکی؛ عملکرد دانه

مقدمه

آب و هوای خشک و نیمه خشک و کمبود آب از مهم‌ترین و اساسی‌ترین چالش‌های کشاورزی در ایران است، لذا رخداد تنش خشکی در دورهٔ رشد گیاهان امری اجتناب‌ناپذیر است (Rezaei & Kamgar Haghighi, 2009; Jaleel *et al.*, 2009). تنش خشکی تولیدات کشاورزی را با محدودیت روبه رو می‌سازد و بازدهٔ استفاده از مناطق خشک و دیم را کاهش می‌دهد (Jaleel *et al.*, 2009). در شرایط تنش خشکی، کاهش جذب آب منجر به کاهش محتوای آب بافت و

* نویسنده مسئول: hr.eshghizadeh@iut.ac.ir

تراکم سلولی می‌شود. بنابراین، طویل‌شدن سلول در گیاهان دارای کمبود آب با کاهش فشار تورژسانس همراه می‌شود. به این ترتیب، تنش خشکی باعث کاهش جذب فتوشیمیایی و عدم دسترسی متابولیت‌های مورد نیاز برای تقسیم سلولی و در نتیجه، اختلال در میتوز، طویل‌شدن سلول، سطح برگ، ارتفاع بوته و توقف رشد گیاه می‌شود (Ahmed & Suliman, 2010). در واقع، پاسخ اولیه گیاه به کمبود آب محدودیت در رشد است (Zobayed *et al*., 2007). در اثر تنش خشکی الگوی تخصیص مواد فتوسنتزی نیز تغییر می‌یابد، به طوری که رشد بخش‌های هوایی و به ویژه برگ‌ها در مقایسه با رشد ریشه از کاهش بیشتری برخوردار است. کاهش رشد برگ‌ها در شرایط تنش به نفع گیاه است، چراکه با کاهش سطح برگ تعرق گیاه نیز کاهش می‌یابد (Nilsen & Orcutt, 1996). از طرف دیگر، کاهش طویل‌شدن برگ‌ها و تعداد برگچه در شرایط تنش خشکی بر فرایندهای فیزیولوژیک مانند فتوسنتز، انتقال، جذب و تنفس اثر دارد و منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود (Nilsen & Orcutt, 1996; Jaleel *et al*., 2009). به طور کلی، تنش خشکی تغییرات زیادی را در ویژگی‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه القا می‌کند (Zobayed *et al*., 2007). واکنش گیاهان از این نظر متفاوت و حتی رقم‌های مختلف یک گیاه نیز ممکن است واکنش مشابهی نسبت به تنش خشکی نداشته باشند (Acosta-Gallegos & Adams,1991).

لوبیا مهم‌ترین لگوم خوراکی به خصوص در کشورهای در حال توسعه است و در عین حال به تنش خشکی حساس بوده و عملکرد آن حتی در دوره‌های کوتاه مدت تنش صدمه می‌بیند (Morosan *et al*., 2017). حدود ۶۰ درصد تولید لوبیا در کشورهای در حال توسعه، تحت شرایط تنش خشکی صورت می‌گیرد (Borujerdnia *et al*., 2016). تنش خشکی باعث کاهش محتوای آب، تضعیف پتانسیل آب برگ و نزول فشار آماس، انسداد روزنه و کاهش بزرگ شدن سلول و رشد لوبیا می‌شود (Morosan *et al*., 2017). Faramarzi *et al*, (2008) با بررسی تنش خشکی در ارقام لوبیای چیتی نشان دادند که مراحل گل‌دهی، غلاف‌بندی و پرشدن دانه بیشترین حساسیت را به تنش خشکی نشان دادند و تنش در مرحله غلاف‌بندی باعث کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به سایر مراحل شد. در مطالعه Bayat *et al*.(2003) نیز تنش خشکی در لوبیاچیتی منجر به کاهش زیست توده، عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته وزن۱۰۰دانه و شاخص برداشت شد. Koohi-Dehkordi & Khoddambashi (2008) نیز نشان دادند که تنش در مرحلۀ زایشی سبب کاهش عملکرد دانه لوبیا شد.

یکی از اهداف اصلاح نباتات، افزایش عملکرد اقتصادی در شرایط تنش خشکی است. عملکرد دانه، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب ارقام مقاوم به خشکی است که تحت تاثیر عوامل محیطی و ژنتیکی زیادی قرار دارد، به همین دلیل انتخاب ژنوتیپ‌های برتر را دشوار نموده است (Asadi *et al*., 2011). با این حال، روش‌های مختلف پایش فنوتیپی برای شناسایی ویژگی‌های مربوط به منابع متنوع تحمل ضروری است، زیرا هر ژنوتیپ ممکن است مکانیسم متفاوتی داشته باشد (Amini *et al*., 2015). بنابراین تحقیق حاضر به منظور ارزیابی میزان تحمل ژنوتیپ‌های لوبیای چیتی از نظر عملکرد دانه به تنش خشکی ملایم و شدید انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پردیس تحقیقات و آموزش لوبیا در شهرستان خمین (طول جغرافیائی ۴۹/۵۷درجه، عرض جغرافیایی ۳۳/۳۹ درجه، ارتفاع ۱۹۳۰ متر از سطح دریا، متوسط بارندگی سالیانه ۳۰۰ میلی‌متر و دمای حداقل و حداکثر سالیانه به ترتیب ۲۰/۵ و ۷/۶ درجه سلسیوس) به صورت آرایش کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. به منظور مقایسه عملکرد و بررسی سازگاری ژنوتیپ‌های زودرس لوبیاچیتی در رژیم آبیاری مختلف، ژنوتیپ‌های KS21336، KS-21359، KS-21331، KS21293، KS-920054، KS-21284، KS-21374، KS-21195، KS-21318، KS-21168، KS-21373، KS-21158، KS-21359، KS-21486، KS-21488، KS-21573، غفار و صدری از کلکسیون مرکز تحقیقات کشاورزی خمین تهیه شدند. عملیات تهیه زمین شامل شخم پاییزه، دیسک بهاره و تسطیح بودند. عملیات کاشت با دست در اواسط تیرماه انجام شد. معیار دور آبیاری برای تیمار شاهد ۵۰ میلی‌متر، تنش ملایم ۷۰ میلی‌متر و تنش شدید ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A بود که بر اساس آمار روزانه تبخیر از مرکز هواشناسی شهرستان خمین دریافت می‌شد. به صورت تقریبی برای آبیاری معمول، تنش ملایم و تنش شدید فاصله آبیاری‌ها به ترتیب (۴تا ۴/۵)، (۷تا ۷/۵)، (۱۰ تا ۱۰/۵روز) از زمان کشت تا برداشت متغیر بود. سیستم آبیاری به صورت نواری قطره‌ای با قطر ۱۶ میلی‌متر، فاصله قطره چکان‌ها ۱۰سانتی متر و دبی آب آبیاری ۲/۶ لیتر بر ساعت بود.

بذر هر یک از ژنوتیپ‌ها روی شش خط به طول سه متر کشت شدند. آبیاری تا استقرار کامل گیاهچه (مرحله سه برگچه اول) به صورت معمول برای تمام تیمارها به صورت

یکسان انجام گرفت و پس از استقرار کامل گیاهچه (حدودا ۳۰روز پس از کاشت) اعمال تنش خشکی آغاز و تا پایان مرحله رسیدگی سطوح آبیاری اعمال شد. در طول دوران رشد و نمو در صورت نیاز سایر مراقبت‌های زراعی شامل مبارزه با آفات و بیماری‌ها و کنترل علف‌های‌هرز با استفاده از سموم شیمیایی انجام شد. در انتهای فصل رشد و در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، پس از حذف حاشیه از طرفین هر کرت، محصول دانه برداشت شد.

اندازه‌گیری صفات

شاخص سطح برگ

برای این منظور در مرحله ۵۰ درصد گلدهی برگ‌های ۵بوته به طور تصادفی در هر تیمار جدا و سطح برگ آنها با دستگاه سطح برگ سنج الکترونیکی (Model Winarea-UT-11, Iran) برحسب سانتی‌متر مربع اندازه‌گیری شد. در ادامه بر اساس تعداد بوته در واحد سطح، شاخص سطح برگ گیاه محاسبه شد.

محتوای نسبی آب برگ

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ، در مرحله ۵۰درصد گلدهی از برگ‌های جوان به صورت تصادفی نمونه‌گیری انجام شد. در ابتدا وزن تازه (FW) نمونه برگ‌ها تعیین، سپس در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه و تاریکی قرار داده شدند. سپس وزن در حالت آماس (TW) تعیین شد. در مرحله بعد جهت خشک‌کردن، نمونه برگ‌ها به مدت ۷۲ ساعت در داخل خشک کن در دمای ۷۰درجه سلسیوس قرار داده و سپس وزن خشک (DW) اندازه‌گیری شد. سپس محتوای نسبی آب برگ (RWC) از طریق معادله زیر محاسبه شد (Sadeghipour & Aghaei, 2012):

$$\%RWC= [(FW-DW)/(TW-DW)] \times 100$$

ارتفاع بوته

برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته در هر واحد آزمایشی، پنج بوته در مرحله ۵۰ درصد گلدهی به صورت تصادفی انتخاب شدند و سپس میانگین ارتفاع بوته محاسبه شد.

تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته

در موقع رسیدگی و برداشت پنج بوته به صورت تصادفی از هر واحد آزمایشی انتخاب و سپس میانگین تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته محاسبه شد.

وزن۱۰۰دانه

با استفاده از سینی بذر شمار و یا به صورت دستی ۱۰۰ دانه هر کرت شمارش، توزین و بر حسب گرم محاسبه شد.

عملکرد دانه

در زمان رسیدگی کامل، بوته‌های موجود در هر واحد آزمایشی برداشت شدند و پس از خشک شدن، بوجاری انجام شد و در نهایت عملکرد دانه بر اساس گرم در متر مربع بر اساس ۱۲ درصد رطوبت محاسبه شد.

عملکرد بیولوژیک

در زمان رسیدگی زراعی، در هر واحد آزمایشی بوته‌های لوبیاچیتی پس از حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت شدند. سپس نمونه‌های برداشت شده در داخل خشک کن در دمای ۶۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت قرار گرفته و در نهایت توزین شدند.

شاخص برداشت

شاخص برداشت بر اساس نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک محاسبه شد:

۱۰۰×(عملکرد بیولوژیک /عملکرد دانه)= شاخص برداشت

شاخص تحمل به تنش خشکی (STI)

$$STI=(Y_s \times Y_p)/(\bar{Y}_P)^2$$

$\bar{Y}_P$ و $\bar{Y}_S$ به ترتیب میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش و Y_s و Y_p به ترتیب عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب می‌باشند که بر اساس شاخص فیشر محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس نتایج این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون کمترین تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد با به‌کارگیری نرم‌افزار MSTATC صورت پذیرفت.

جدول۱- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی

Table 1. Analysis of variance for the effects of experimental factors on yield and yield components of pinto bean genotypes.

Sources of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean Square									
			شاخص سطح برگ Leaf area index	محتوای نسبی آب برگ Leaf relative water content	ارتفاع بوته Plant height	تعداد غلاف در بوته Pods number per plant	تعداد دانه در غلاف Grains number per pod	تعداد دانه در بوته Grains per plant	وزن۱۰۰دانه 100 grains weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
Repetition	تکرار	2	0.320	55.2	6.33	39.7	0.361	223	33.1	304	2331	3.59
Irrigation regime	رژیم‌آبیاری	2	28.6^{**}	1264^{**}	173.7^{ns}	378^{**}	14.5^{**}	6642^{**}	518^{**}	269246^{**}	436700^{**}	4636^{**}
Ea	خطای a	4	0.11	104	38.2	7.14	0.351	119	30.2	4566	1822	194
Genotype	ژنوتیپ	17	1.09^{**}	21.7^{*}	3933^{**}	23.9^{**}	1.00^{**}	175^{**}	211^{**}	3847^{**}	21886^{**}	103^{**}
Irrigation regime *genotype	رژیم‌آبیاری ×ژنوتیپ	34	1.09^{**}	16.2^{ns}	373^{**}	9.29^{**}	0.255^{**}	76.6^{ns}	21.0^{ns}	3338^{**}	3465^{ns}	159^{**}
Eb	خطای b	102	0.218	10.9	22.3	4.88	0.114	52.6	42.0	1434	3829	43.5
Coefficient of Variation (%)	ضریب تغییرات (٪)		7.51	3.77	9.45	24.1	33.3	29.5	16.3	24.2	15.0	17.2

ns = غیر معنی دار، * = معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، **= معنی دار در سطح احتمال یک درصد

ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level

جدول ۲- مقایسه میانگین محتوای نسبی آب برگ، تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر رژیم آبیاری و ژنوتیپ

Table 2. Comparison of means for leaf relative water content, grian per plant, 100 grains weight and biological yield affected by irrigation regimes and genotypes

عوامل **Factors**	محتوای نسبی آب برگ (٪) **Leaf relative water content (%)**	تعداد دانه در بوته **Grains per plant**	وزن۱۰۰دانه (گرم) **100 Grains weight**	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) **Biological yield (gm^{-2})**
رژیم‌آبیاری Irrigation regimes				
I_1	93.0^{a}	36.4^{a}	42.2^{a}	517^{a}
I_2	86.7^{b}	23.0^{b}	36.3^{b}	361^{b}
I_3	83.5^{c}	14.4^{c}	40.6^{a}	361^{b}
Genotype ژنوتیپ				
KS-21359	87.1^{b-e}	25.2^{b-e}	42.1^{bc}	410^{b-f}
KS-21336	88.9^{abc}	25.1^{b-e}	36.7^{cd}	467^{b}
KsS-21331	89.6^{abc}	24.7^{b-f}	36.6^{cd}	458^{bcd}
KS-21293	88.5^{a-d}	22.3^{c-g}	35.4^{d}	403^{def}
KS-920054	85.6^{de}	17.5^{g}	40.7^{bcd}	393^{ef}
KS-21284	85.6^{de}	18.7^{efg}	45.1^{ab}	419^{b-f}
KS-21374	86.6^{cde}	27.3^{abc}	38.4^{cd}	413^{b-f}
KS-21195	87.6^{a-e}	25.3^{b-e}	40.0^{bcd}	402^{def}
KS-21318	84.9^{e}	25.3^{b-e}	37.9^{cd}	461^{bc}
KS-21168	87.2^{b-e}	32.8^{a}	39.8^{bcd}	388^{ef}
KS-21373	90.5^{a}	23.1^{b-g}	37.2^{cd}	409^{c-f}
KS-21158	87.5^{a-e}	29.1^{ab}	42.1^{bc}	414^{b-f}
KS-21359	87.2^{b-e}	25.7^{bcd}	48.5^{a}	379^{f}
KS-21486	89.6^{abc}	24.5^{b-f}	25.9^{e}	300^{g}
KS-21488	90.0^{ab}	24.7^{b-f}	41.4^{bcd}	369^{f}
Ghafar	87.7^{a-e}	19.3^{e-g}	45.6^{ab}	531^{a}
Sadri	88.1^{a-d}	18.3^{fg}	40.2^{bcd}	445^{d-e}
KS-21573	87.4^{b-e}	33.1^{a}	41.0^{bcd}	370^{f}
$LSD_{5\%}$	3.09	6.78	6.06	57.8

I_1: آبیاری معمول، I_2: تنش ملایم و I_3: تنش شدید، به ترتیب بیانگر آبیاری پس از ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاسA.

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری(LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

I_1: normal irrigation, I_2: mild stress and I_3: severe stress indicate irrigation after 50, 75 and 100 mm evaporation from the Class A evaporation pan, respectively.
Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD's test.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

برهمکنش رژیم آبیاری ×ژنوتیپ بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در رژیم آبیاری I_1 یا شاهد، ژنوتیپ‌های غفار، KS-21359،KS-21488 باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند و دارای بیشترین شاخص سطح برگ بودند (جدول ۳). در رژیم آبیاری I_2 یا تنش ملایم بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ به ژنوتیپ‌های غفار و KS-21486 تعلق داشت (جدول ۳). در رژیم آبیاری I_3 یا تنش شدید نیز ژنوتیپ‌های غفار، KS-21488 باهم اختلاف معنی‌داری نداشتند و بیشترین شاخص سطح برگ را داشتند.

همچنین کمترین شاخص سطح برگ به ژنوتیپ KS-21486 تعلق داشت که این نتایج بیانگر پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌های لوبیا در سطوح مختلف آب آبیاری است (جدول ۳).

شاخص سطح برگ یکی از مولفه‌های تعیین کننده رشد می‌باشد و همبستگی قوی بین سطح برگ در مرحله گرده افشانی با عملکرد بیولوژیک و دانه در مطالعات دیگر گزارش شده است (Saxena *et al*., 1995; Tesfaye *et al*., 2006). کاهش تقسیم سلولی در اثر افزایش میزان اسید آبسسیک، تأمین نشدن آسیمیلات مورد نیاز برای رشد برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز از مهم‌ترین علل احتمالی کاهش شاخص سطح برگ بر اثر تنش خشکی ذکر شده‌اند (Tesfaye *et al*., 2006). همچنین پژمردگی و جمع شدن پهنک برگ در شرایط تنش شدید و در نهایت پیری و زودرسی برگ‌ها باعث کاهش سطح برگ گیاه می‌شود (Earl & Davis, 2003). Amiri Deh Ahmadi *et al*. (2010) اظهار داشتند که تنش خشکی شاخص سطح برگ گیاه نخود را کاهش داده است. سطح برگ تعیین کننده میزان تشعشع جذب شده توسط گیاه و بنابراین تعرق و تولید ماده خشک می‌باشد.

جدول۳- برهمکنش رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر برخی از صفات اندازه گیری شده.

Table 3. Interaction effects of irrigation regime and genotypes on some of the measured traits.

ژنوتیپ Genotype	شاخص سطح برگ Leaf area index			ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)			تعداد غلاف در بوته Pods number per plant			تعداد دانه در غلاف Grains number per pod			عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Grain yield (gm^{-2})			شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)		
	I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3
KS-21359	3.5^{a-g}	2.8^{g-m}	2.2^{l-p}	36.0^{l-p}	37.3^{k-p}	33.7^{m-r}	10.6^{c-m}	11.3^{a-i}	8.30^{g-r}	2.9^{d-h}	2.3^{h-l}	2.1^{i-l}	275^{b-d}	156^{j-q}	82^{s-w}	49.4^{a-d}	45.0^{b-f}	24.7^{n-p}
KS-21336	3.6^{a-f}	2.4^{j-o}	2.0^{nop}	36.7^{k-p}	37.0^{k-p}	41.0^{h-m}	13.6^{a-d}	10.7^{c-l}	5.9^{p-w}	2.6^{e-i}	2.4^{g-k}	2.0^{j-m}	235^{b-g}	148^{m-r}	72^{t-w}	40.8^{d-j}	36.7^{f-m}	17.9^{qrs}
KsS-21331	3.1^{d-j}	2.8^{g-m}	1.5^{pq}	37.7^{j-o}	35.0^{l-p}	33.0^{o-r}	14.1^{abc}	9.30^{e-p}	5.8^{p-w}	2.8^{d-h}	2.4^{g-k}	1.9^{k-n}	236^{b-g}	183^{g-o}	113^{p-u}	44.7^{b-g}	43.5^{c-i}	24.4^{n-p}
KS-21293	2.6^{h-n}	2.1^{m-p}	2.0^{nop}	37.3^{k-p}	28.0^{qr}	27.3^{b}	11.4^{a-i}	9.30^{e-p}	7.1^{m-u}	2.6^{e-i}	2.4^{g-k}	2.1^{i-l}	247^{b-f}	170^{h-p}	98^{q-w}	47.8^{b-e}	46.8^{b-f}	29.2^{k-p}
KS-920054	3.5^{a-g}	2.3^{k-o}	2.1^{m-p}	82.0^{cd}	92.7^{a}	85.7^{a-d}	8.9^{f-r}	6.70^{nv}	2.40^{w}	3.3^{a-d}	2.8^{d-h}	1.5^{mno}	222^{b-h}	139^{n-s}	59^{uvw}	54.3^{ab}	44.2^{b-h}	13.3^{rs}
KS-21284	4.0^{ab}	2.4^{j-o}	2.2^{l-p}	89.0^{abc}	80.3^{d}	84.7^{bcd}	12.4^{a-f}	6.70^{n-v}	4.70^{s-w}	2.4^{g-k}	2.3h-l	1.9^{k-n}	214^{d-l}	149^{m-r}	101^{q-v}	40.6^{d-j}	42.5^{c-i}	26.8^{l-p}
KS-21374	3.3^{b-h}	2.4^{j-o}	2.0^{nop}	48.0^{fgh}	38.7^{i-o}	44.0^{f-k}	14.3^{ab}	8.20^{h-s}	6.10^{o-v}	3.2^{bcd}	2.6^{e-i}	2.3^{h-l}	182^{g-o}	151^{m-q}	130^{n-t}	38.5^{e-k}	40.1^{d-j}	38.5^{e-k}
KS-21195	3.5^{a-g}	2.5^{i-n}	2.2^{l-p}	47.7^{fgh}	50.7^{f}	45.3^{f-j}	11.8^{a-g}	10.2^{d-n}	7.90^{i-s}	3.1^{cde}	2.2^{i-l}	2.0^{j-m}	215^{d-k}	137^{n-s}	130^{n-t}	40.7^{d-j}	38.2^{e-k}	39.7^{d-k}
KS-21318	3.7^{a-e}	2.5^{i-n}	2.3^{k-o}	50.0^{f}	41.0^{h-m}	45.3f^{j}	7.9^{i-s}	7.70^{j-t}	3.30^{vw}	3.8^{a}	3.0^{c-f}	2.5^{f-j}	283^{b}	188^{f-n}	159^{i-q}	50.2^{d-d}	44.7^{b-g}	40.0^{d-j}
KS-21168	3.8^{a-d}	2.7^{h-n}	2.1^{m-p}	39.0^{i-o}	35.0^{l-p}	35.3^{l-p}	14.8^{a}	13.9^{abc}	9.50^{e-o}	2.6^{e-i}	2.8^{d-h}	2.0j-m	221^{c-h}	145^{n-r}	131^{n-t}	43.8^{b-i}	46.5^{b-f}	39.7^{d-k}
KS-21373	3.2^{c-i}	2.2^{l-p}	1.7^{opq}	33.0^{o-r}	32.7^{o-r}	30.0^{pqr}	12.7^{a-e}	10.6^{c-m}	6.9^{n-u}	2.6^{e-i}	1.9^{k-n}	1.9^{k-n}	218^{d-i}	157^{i-q}	89^{r-w}	43.9^{b-i}	38.2^{e-k}	26.3^{m-q}
KS-21158	3.8^{a-d}	2.7^{h-n}	2.4^{j-o}	46.0^{f-i}	40.7^{h-n}	41.7^{g-l}	11.1^{b-j}	7.5^{k-t}	7.20^{l-u}	3.8^{a}	3.2^{bcd}	2.6^{e-i}	258^{b-e}	154^{k-q}	125^{o-t}	48.0^{a-e}	42.2^{c-i}	33.5^{i-n}
KS-21359	4.2^{a}	3.1^{d-j}	2.3^{k-o}	42.0^{g-l}	37.7^{j-o}	36.7^{k-p}	11.3^{a-i}	10.9^{b-k}	9.30^{e-p}	2.8^{d-h}	2.5^{f-j}	1.8^{lmn}	207^{e-m}	153^{l-q}	113^{p-u}	44.2^{b-h}	44.9^{b-g}	33.5^{i-n}
KS-21486	2.6^{h-n}	2.0^{nop}	1.2^{q}	36.3^{l-p}	33.0^{o-r}	33.3^{n-r}	11.7^{a-h}	11.0^{b-k}	5.70^{q-w}	3.0^{c-f}	2.2^{i-l}	1.9^{k-n}	217^{d-j}	88^{r-w}	48^{vw}	49.5^{a-d}	39.9^{d-j}	21.7^{o-r}
KS-21488	4.2^{a}	2.4^{j-o}	2.5^{i-n}	38.7^{i-o}	42.3^{g-l}	36.7^{k-p}	13.3^{a-d}	5.9^{p-w}	5.40^{r-w}	3.2^{bcd}	2.8^{d-h}	2.4^{g-k}	179^{g-o}	128^{n-t}	101^{q-v}	39.6^{d-k}	37.6^{e-k}	30.8^{j-o}
Ghafar	4.2^{a}	3.5^{a-g}	2.5^{i-n}	84.7^{bcd}	89.0^{abc}	85.7^{a-d}	9.2^{e-q}	5.8^{p-w}	4.70^{s-w}	3.7^{ab}	2.4^{g-k}	1.2^{o}	364^{a}	171^{h-p}	39^{w}	58.5^{a}	34.3^{g-n}	8.20^{s}
Sadri	3.0^{e-k}	3.1^{d-j}	2.0^{nop}	90.3^{ab}	84.0^{bcd}	91.3^{ab}	13.4^{a-d}	3.9^{uvw}	4.30^{t-w}	3.1^{cde}	1.9^{k-n}	1.4^{no}	280^{bc}	134n-s	78^{s-w}	51.7^{abc}	34.0^{h-n}	19.1^{pqr}
KS-21573	3.9^{abc}	2.9^{f-l}	2.4^{j-o}	63.0^{e}	48.3^{fgh}	49.0f^{g}	11.3^{a-i}	11.3^{a-i}	9.20^{e-q}	3.5^{abc}	3.0^{c-f}	2.8^{d-h}	246^{b-f}	106q-v	129^{n-t}	45.4^{b-f}	37.0^{f-l}	39.9^{d-j}
$LSD_{5\%}$		0.756			7.65			3.58			0.547			61.3			10.7	

I_1 یا آبیاری معمول، I_2 یا تنش ملایم و I_3 یا تنش شدید به ترتیب بیانگر آبیاری پس از ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A می باشد. در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری(LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

I_1 or normal irrigation, I_2 or mild stress and I_3 or severe stress indicate irrigation after 50, 75 and 100 mm evaporation from the Class A evaporation pan, respectively. Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD's test.

محتوای نسبی آب برگ

تاثیر رژیم آبیاری بر محتوای نسبی برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رطوبت محتوای نسبی آب برگ در سطوح آبیاری I_2 و I_3 نسبت به سطح I_1(۹۳ درصد) به ترتیب ۷ و ۱۰ درصد کاهش یافت (جدول ۲). Sadeghipour & Aghaei (2012) اظهار داشتند محتوای نسبی آب برگ منعکس کننده فعالیت متابولیک در بافت‌های گیاه بوده و به عنوان شاخصی مناسب به منظور شناسایی لگوم‌های متحمل به تنش خشکی استفاده می‌شود. بنابراین، گیاهان متحمل به خشکی با جذب آب از پروتوپلاست، آب بیشتری را در خود نگهداری می‌کنند (Silva *et al.*, 2007). Silva *et al.* (2005) نیز بیان کردند که کمبود آب به طور آشکاری محتوای نسبی آب را در برگ‌های لوبیا کاهش می‌دهد.

ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی از لحاظ محتوای نسبی آب برگ تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۱). در بین ژنوتیپ‌های لوبیای چیتی، ژنوتیپ KS-21373 با میانگین ۹۰/۵ و ژنوتیپ KS-21318 با میانگین ۸۴/۹ بهترتیب بیشترین و کمترین محتوای نسبی آب برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). Jing & Huang (2001) اظهار داشتند که محتوای نسبی آب برگ با تداوم خشکی کاهش می‌یابد، ولی مقدار کاهش بسته به نوع گونه و مدت زمان تنش متفاوت است.

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته به طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش رژیم‌آبیاری ×ژنوتیپ قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین و کمترین ارتفاع بوته در رژیم آبیاری I_1 یا شاهد به ترتیب به ژنوتیپ‌های صدری و KS-21373، در رژیم آبیاری I_2 یا تنش ملایم به ژنوتیپ‌های KS-920054 و KS-21293 و در رژیم آبیاری I_3 یا تنش شدید به ژنوتیپ‌های صدری و KS-21293 تعلق داشت که تفاوت ژنوتیپ‌های لوبیا در پاسخ به سطوح مختلف آب آبیاری را نشان می‌دهد (جدول ۳). رشد سلول یکی از حساس‌ترین فرآیندهای فیزیولوژیکی به تنش کم‌آبی است که دلیل آن کاهش فشار آماس سلولی است. بنابراین تحت تنش شدید آبی، طویل شدن سلول‌های گیاهان می‌تواند در اثر اختلال در جریان آب از آوندهای چوبی به سلول‌های در حال طویل شدن متوقف گردد. بر این اساس، تنش کم‌آبی موجب مختل شدن میتوز، طویل و حجیم شدن سلول و در نتیجه کاهش رشد از جمله ارتفاع ساقه می‌شود (Emadi *et al.*, 2013). در آزمایش Bayat *et al.* (2010) نیز ارتفاع بوته لوبیاچیتی در اثر تنش کم‌آبی کاهش یافت که مطابق با نتیجه‌ی این تحقیق است.

تعداد غلاف در بوته

برهمکنش رژیم آبیاری ×ژنوتیپ بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته در رژیم آبیاری I_1 یا شاهد به ترتیب به ژنوتیپ‌های KS-21168و KS- 21318، در رژیم آبیاری I_2 یا تنش ملایم به ژنوتیپ‌های21168 -KS و صدری و در رژیم آبیاری I_3 یا تنش شدید به ژنوتیپ‌های KS-21168و KS-920054 تعلق داشت (جدول۳). بر اساس نتایج بسیاری از پژوهش‌ها، در بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در بوته مهم‌ترین ویژگی در تعیین عملکرد لوبیا بوده و بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه دارد (Morosan *et al.* 2017; Szilagyi, 2003). یکی از دلایل کاهش تعداد غلاف در بوته در چنین شرایطی، می‌تواند کاهش طول دوره رشد گیاه باشد که در نتیجه آن تولید مواد فتوسنتزی نقصان می‌یابد. این موضوع توسط Wakrim *et al.* (2005) نیز مورد تاکید قرار گرفته است. از طرف دیگر کاهش میزان آب آبیاری با افزایش ریزش در غلاف‌ها نیز همراه خواهد بود که در سویا و لوبیا گزارش شده. ریزش غلاف‌ها می‌تواند به کاهش پتانسیل آب و افزایش تجمع در اندام‌های زایشی نسبت داده شود (Brevedan & Egli, 2003; Rosales-Serna *et al.* 2002).

تعداد دانه در غلاف

برهمکنش رژیم آبیاری ×ژنوتیپ بر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف در رژیم آبیاری I_1 یا شاهد به ترتیب به ژنوتیپ‌های KS -21318، KS-21158 و KS-21284و در رژیم آبیاری I_2 یا تنش ملایم به ژنوتیپ‌های KS-21158 و صدری، KS-21373 و در رژیم آبیاری I_3یا تنش شدید به ژنوتیپ‌های KS -21573 و غفار تعلق داشت (جدول۳). تعداد دانه در غلاف از اجزای مهم عملکرد دانه در لوبیا است که به صورت ارثی کنترل می‌شود، ولی تحت تأثیر محیط نیز قرار می‌گیرد. Szilagyi (2003) بیان کرد که تعداد غلاف در بوته تا ۶۰ درصد، تعداد دانه درغلاف تا ۲۰ درصد و وزن۱۰۰دانه تا ۱۳ درصد در اثر تنش خشکی در لوبیا کاهش یافتند. در بررسی Emadi *et al.* (2013) نیز بیشترین تعداد

دانه در غلاف لوبیا از تیمار آبیاری معمول و کمترین تعداد دانه در غلاف از تیمار تنش خشکی شدید به دست آمد.

تعداد دانه در بوته

تاثیر رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر تعداد دانه در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). تعداد دانه در بوته با کاهش میزان آب آبیاری در سطوح آبیاری I_2و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 (۳۶/۴ دانه در بوته) به ترتیب ۳۷ و۶۰ درصد کاهش یافت (جدول ۲). در بین ژنوتیپ‌های لوبیای‌چیتی، ژنوتیپ KS-21573 با میانگین ۳۳/۱ دانه در بوته و ژنوتیپ KS-920054 با میانگین ۱۷/۵ دانه در بوته به ترتیب بیشترین وکمترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (جدول۲). مطابق با این نتایج Davoodi *et al.* (2017) گزارش کردند که ارقام لوبیا از نظر تعداد دانه در بوته اختلاف معنی‌دار داشتند. در آزمایش Hosseinian & Majnoon Hosseini (2014) نیز ارقام مختلف لوبیا چشم بلبلی از نظر تعداد دانه در بوته باهم متفاوت بودند.

وزن۱۰۰دانه

تاثیر رژیم آبیاری بر وزن۱۰۰دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). وزن۱۰۰دانه با کاهش میزان آب آبیاری در سطوح آبیاری I_2و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 (۴۲/۲ گرم) به ترتیب۴ و ۱۴ درصد کاهش یافت (جدول ۲). وزن۱۰۰دانه از اجزای مهم عملکرد دانه در لوبیا است که تحت تاثیر ژنتیک و محیط قرار می‌گیرد. تنش خشکی باعث کاهش تولید و انتقال آسیمیلات‌ها به دانه شده و از طرف دیگر، کاهش طول دوره رشد سبب پر نشدن کامل دانه‌ها و تولید دانه‌های کوچکتر در شرایط تنش خشکی می‌شود (Rosales-Serna *et al.* 2002). گزارش شده است که کاهش وزن دانه در شرایط تنش خشکی به دلیل کوتاهی دوره مؤثر پر شدن دانه و اختلال در ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها اتفاق می‌افتد (Padilla-Ramírez *et al.* 2005). به طور کلی می‌توان بیان کرد که افزایش تنش موجب کاهش وزن دانه شده است که علت آن تسریع پیری و کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌باشد.

تفاوت ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی از لحاظ وزن۱۰۰دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در بین ژنوتیپ‌های لوبیای‌چیتی، ژنوتیپ KS-21359 با میانگین ۴۸/۵ و ژنوتیپ KS-21486 با میانگین ۲۵/۹ به ترتیب بیشترین وکمترین وزن۱۰۰دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). در آزمایش Davoodi *et al.* (2017) نیز ارقام لوبیا از نظر وزن۱۰۰دانه تفاوت معنی‌داری داشتند.

عملکرد دانه

عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش رژیم آبیاری ×ژنوتیپ قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین و کمترین عملکرد دانه در رژیم آبیاری I_1 یا شاهد به ترتیب به ژنوتیپ‌های غفار و KS-21488، در رژیم آبیاری I_2 یا تنش ملایم به ژنوتیپ‌های KS-21318 و KS-21486و در رژیم آبیاری I_3 یا تنش شدید به ژنوتیپ‌های KS-21318و غفار تعلق داشت (جدول ۳). میزان تغییرات صفات ناشی از تنش خشکی نشان می‌دهد که بیشترین تاثیر تنش خشکی مربوط به عملکرد دانه بود که متاثر از اجزاء عملکرد (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن صددانه) می‌باشد. غالباً کاهش عملکرد در لوبیا به اجزای عملکرد نسبت داده می‌شود (Acosta-Gallegos & Adams, 1991). در مطالعه Bayat *et al.* (2010) کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط تنش کمبود آب به علت کاهش تعداد غلاف در بوته و وزن۱۰۰دانه لوبیا بود. با توجه به اینکه عملکرد دانه بخشی از مجموع ماده خشک تولیدی گیاه است، کاهش ماده خشک گیاهی در شرایط تنش می‌تواند توجیه کننده بخشی از کاهش عملکرد دانه باشد. سایر محققان نیز تأثیر کمبود آب در طول دوره رشد گیاه به ویژه درمرحله تشکیل و پر شدن دانه را بر عملکرد در سویا و جو مورد تأیید قرار داده‌اند (Galeshi & Bayat Tork, 2005; Samarah, 2005). Shenkut & Brick (2003) و Frahm *et al.* (2004) نیز گزارش کردند که تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه لوبیا می‌شود، اما کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش و نیز ژنوتیپ مورد استفاده متفاوت است.

عملکرد بیولوژیک

تاثیر رژیم آبیاری و ژنوتیپ بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). عملکرد بیولوژیک در سطوح آبیاری I_2و I_3 نسبت به سطح آبیاری I_1 (۵۱۷ گرم در متر مربع) به ترتیب ۳۰ و ۳۰ درصد کاهش یافت (جدول۲). در بین ژنوتیپ‌های لوبیای‌چیتی، ژنوتیپ غفار با میانگین ۵۳۱ گرم در متر مربع و ژنوتیپ KS-21486 با میانگین ۳۰۰ گرم به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص دادند (جدول۲). Zabet *et al.* (2003) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش تقسیم سلولی و به دنبال آن کاهش ارتفاع گیاه و تعداد گره در ساقه شده و رشد رویشی و در نهایت عملکرد بیولوژیکی گیاه کاهش می‌یابد. Moradi *et al.* (2008) علت کاهش ماده خشک کل را همبستگی مثبت و بالای بین ماده خشک با فتوسنتز و شاخص سطح برگ در

مرحله رویشی دانستند و ایشان هم‌چنین اظهار داشتند که تنش شدید در مرحله زایشی، بر عملکرد دانه بیش‌تر از ماده خشک کل تأثیر می‌گذارد.

شاخص برداشت

برهمکنش رژیم آبیاری ×ژنوتیپ بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین شاخص برداشت در رژیم آبیاری I_1 یا شاهد به ترتیب به ژنوتیپ‌های غفار و KS-21374، در رژیم آبیاری I_2 یا تنش ملایم به ژنوتیپ‌های KS-21293 و KS-21168 در رژیم آبیاری I_3 یا تنش شدید به ژنوتیپ‌های KS-21318 و غفار تعلق داشت که بیانگر پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌های لوبیا در سطوح مختلف آب آبیاری است (جدول ۳).

جدول ۴- تجزیه واریانس شاخص تحمل به خشکی برای هجده ژنوتیپ لوبیاچیتی

Table 4. Analysis of variance of drought tolerance index for eighteen pinto bean genotypes

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	میانگین مربعات Mean Square (تنش I(شاهد) با سطح آبیاری ۲ Iمقایسه سطح آبیاری ۱ ملایم) Comparison of irrigation level I_1 (control) with irrigation level I_2 (mild stress)	 (تنش I(شاهد) با سطح آبیاری ۳ Iمقایسه سطح آبیاری ۱ شدید) Comparison of irrigation level I_1 (control) with irrigation level I_3 (severe stress)
		STI	STI
ژنوتیپ Genotype	17	0.089^{**}	0.086^{*}
خطا	46	0.016	0.040

ns = غیر معنی دار، * = معنی دار در سطح ۰/۰۵، **= معنی دار در سطح ۰/۰۱. I_1 یا آبیاری معمول، I_2 یا تنش ملایم و I_3 یا تنش شدید به ترتیب بیانگر آبیاری پس از ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A می باشد.

ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level. I_1 or normal irrigation, I_2 or mild stress and I_3 or severe stress indicate irrigation after 50, 75 and 100 mm evaporation from the Class A evaporation pan, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص تحمل به خشکی برای هجده ژنوتیپ لوبیاچیتی

Table 5. Comparing the means of drought tolerance index for eighteen pinto bean genotypes

ژنوتیپ **Genotype**	(تنش ملایم) I(شاهد) با سطح آبیاری ۲ Iمقایسه سطح آبیاری ۱ **Comparison of irrigation level I_1 (control) with irrigation level I_2 (mild stress)**	(تنش شدید) I(شاهد) با سطح آبیاری ۳ Iمقایسه سطح آبیاری ۱ **Comparison of irrigation level I_1 (control) with irrigation level I_3 (severe stress)**
	STI	**STI**
KS-21359	0.727^{b-e}	0.680^{bcd}
KS-21336	0.900^{b}	0.897^{ab}
KsS-21331	0.810^{bcd}	0.907^{ab}
KS-21293	0.707^{b-f}	0.617^{bcd}
KS-920054	0.577^{efg}	0.697^{bcd}
KS-21284	0.690^{b-f}	0.747^{bc}
KS-21374	0.673^{def}	0.690^{bcd}
KS-21195	0.687^{c-f}	0.643^{bcd}
KS-21318	0.887^{bc}	0.850^{abc}
KS-21168	0.613^{def}	0.630^{bcd}
KS-21373	0.727^{b-e}	0.617^{bcd}
KS-21158	0.667^{def}	0.727^{bc}
KS-21359	0.587^{efg}	0.583^{bcd}
KS-21486	0.387^{g}	0.373^{d}
KS-21488	0.570^{efg}	0.537^{cd}
Ghafar	1.17^{a}	1.12^{a}
Sadri	0.777^{b-e}	0.837^{abc}
KS-21573	0.507^{fg}	0.650^{bcd}
$LSD_{5\%}$	0.211	0.330

I_1 یا نرمال، I_2 یا تنش ملایم و I_3 یا تنش شدید به ترتیب بیانگر آبیاری پس از ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A می باشد. در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

I_1 or normal irrigation, I_2 or mild stress and I_3 or severe stress indicate irrigation after 50, 75 and 100 mm evaporation from the Class A evaporation pan, respectively. Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD's test.

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه‌ی هجده ژنوتیپ لوبیا چیتی در شرایط آبیاری نرمال (I_1)

Table 6. Correlation coefficients between yield and grain yield components of eighteen pinto bean genotypes under normal irrigation conditions (I_1).

Trait	صفت	Number شماره	1	2	3	4
Pods number per plant	تعداد غلاف در بوته	1	1			
Grains number per pod	تعداد دانه در غلاف	2	-0.52^{**}	1		
Grains per plant	تعداد دانه در بوته	3	0.75^{**}	0.15^{ns}	1	
Grain yield	عملکرد دانه	4	-0.32^{ns}	0.49^{**}	-0.04^{ns}	1

ns = غیر معنی دار، * = معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، **= معنی دار در سطح احتمال یک درصد

ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد دانه‌ی هجده ژنوتیپ لوبیا ی‌چیتی در شرایط تنش ملایم (I_2).

Table 7 - Correlation coefficients between yield and grain yield components of eighteen pinto bean genotypes under mild stress conditions (I_2).

Trait	صفت	Number شماره	1	2	3	4
Pods number per plant	تعداد غلاف در بوته	1	1			
Grains number per pod	تعداد دانه در غلاف	2	0.05^{ns}	1		
Grains per plant	تعداد دانه در بوته	3	0.90^{**}	0.45^{*}	1	
Grain yield	عملکرد دانه	4	-0.16^{ns}	0.22^{ns}	-0.06^{ns}	1

ns = غیر معنی دار، * = معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، **= معنی دار در سطح احتمال یک درصد

ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه‌ی هجده ژنوتیپ لوبیاچیتی در شرایط تنش شدید (I_3).

Table 8 - Correlation coefficients between yield and grain yield components of eighteen pinto bean genotypes under severe stress conditions (I_3).

Trait	صفت	Number شماره	1	2	3	4
Pods number per plant	تعداد غلاف در بوته	1	1			
Grains number per pod	تعداد دانه در غلاف	2	0.56^{**}	1		
Grains per plant	تعداد دانه در بوته	3	0.94^{**}	0.75^{**}	1	
Grain yield	عملکرد دانه	4	0.48^{**}	0.59^{**}	0.53^{**}	1

ns = غیر معنی دار، * = معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، **= معنی دار در سطح احتمال یک درصد

ns = non-significant, * = significant at 0.05 level, **=significant at 0.01 level

Ramirez Builes *et al.* (2011) با بررسی ژنوتیپ‌های لوبیا در سه رژیم رطوبتی اعلام کردند که تنش خشکی باعث کاهش شاخص برداشت ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد. کاهش شاخص برداشت در شرایط کم آبی به دلیل این است که عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک به میزان بیشتری کاهش یافته است. Galeshi & Bayat Tork, (2005) گزارش کردند که بین رژیم‌های مختلف آبیاری از نظر شاخص برداشت که نشان دهنده میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه می‌باشد، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. ایشان همچنین اظهار داشتند که تنش شدید در مرحله زایشی بر عملکرد دانه در مقایسه با ماده خشک کل به نسبت بیشتری تأثیر می‌گذارد و باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود.

شاخص تحمل به تنش خشکی (بر اساس عملکرد دانه)

تفاوت ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی مورد مطالعه از نظر شاخص تحمل به تنش خشکی در شرایط تنش ملایم (آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بیشترین و کمترین شاخص تحمل به تنش خشکی ملایم به ترتیب به ژنوتیپ غفار با مقدار ۱/۱۷ و ژنوتیپ KS-21486 با مقدار ۰/۳۸۷ تعلق داشت (جدول ۵). تفاوت ژنوتیپها از نظر شاخص تحمل به تنش شدید (آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر تجمعی) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بیشترین و کمترین شاخص تحمل به تنش خشکی شدید به ترتیب به ژنوتیپ غفار با مقدار ۱/۱۲ و ژنوتیپ KS-21486 با مقدار ۰/۳۷۳ تعلق داشت (جدول ۵).

ضرایب همبستگی ساده عملکرد و اجزای عملکرد دانه

با توجه به ضرایب همبستگی بین صفات در شرایط آبیاری نرمال، تعداد غلاف در بوته با تعداد دانه در غلاف همبستگی منفی و بسیار معنی‌داری داشت ولی با تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری نشان داد (جدول ۶). همچنین، همبستگی عملکرد دانه با تعداد دانه در غلاف مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۶). بنابراین، در آبیاری نرمال افزایش تعداد غلاف در بوته موجب کاهش تعداد دانه در غلاف می‌شود. از طرف دیگر، با افزایش تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ی Delfan *et al.* (2018) نیز نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال، عملکرد دانه‌ی لوبیا با صفات وزن غلاف با دانه، تعداد دانه در غلاف، عرض غلاف و تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت.

در شرایط تنش ملایم، تعداد غلاف در بوته با تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری داشت (جدول ۷). علاوه بر این، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد دانه در غلاف با تعداد دانه در بوته مشاهده شد (جدول ۷). در آزمایش Hosseinian & Majnoon Hosseini (2014) نیز تعداد غلاف در بوته همبستگی قوی و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش داشت.

در رژیم آبیاری I_3 یا تنش شدید، تعداد غلاف در بوته با تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۸). همچنین، همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۸). با توجه به این نتایج می‌توان گفت که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته تعیین کننده‌ی افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی می‌باشند. بنابراین از این صفات می‌توان به عنوان صفات مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا در شرایط تنش خشکی استفاده کرد. Delfan *et al.* (2018) نیز گزارش کردند که عملکرد دانه در بوته لوبیا همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات وزن غلاف با دانه، تعداد دانه در غلاف، عرض غلاف و تعداد دانه در بوته در تنش خشکی داشت. همچنین، Hosseinian & Majnoon Hosseini (2014) گزارش کردند که عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف همبستگی قوی و معنی‌داری در شرایط تنش کم‌آبیاری داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که با کاهش آب قابل دسترس میانگین عملکرد و اجزای عملکرد در کلیه ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی به طور معنی‌داری کاهش یافت. در واقع با اعمال تنش خشکی بر لوبیای چیتی، محتوای نسبی آب برگ، وزن ۱۰۰دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته کاهش یافتند که با افزایش شدت تنش این تأثیر بیشتر مشاهده شد. ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که در برنامه‌های اصلاحی با هدف افزایش عملکرد دانه در ارقام لوبیاچیتی، بهتر است گزینش براساس صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته انجام گیرد. به طور کلی پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف لوبیاچیتی در شرایط متفاوت رطوبتی متفاوت بود. با توجه به شاخص تحمل به تنش خشکی (از نظر عملکرد دانه)، ژنوتیپ غفار جهت استفاده در برنامه‌های دو رگ‌گیری و ایجاد نسل‌های متحمل به تنش خشکی پیشنهاد می‌شود.

منابع

1. Acosta-Gallegos, J.A., and Adams, M.W. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under drought stress. The Journal of Agricultural Science 117(2): 213-219.
2. Ahmed, F.E., and Suliman, A.S.H. 2010. Effect of water stress applied at different stages of growth on seed yield and water-use efficiency of cowpea. Agriculture and Biology Journal of North America 1(4): 534-540.
3. Amini, S., Ghobadi, C., and Yamchi, A. 2015. Proline accumulation and osmotic stress: an and nitrogen fertilizer effects on relative water content, membrane stability index, chlorophyll and some other traits of lentils (*Lens culinaris* L.) under hydroponics conditions. Research Journal of Environmental Sciences 3: 103-109.
4. Amiri Deh Ahmadi, S.R., Parsa, M., Nezami, A., and Ganjali, A. 2010. The effect of drought stress at different growth stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 84-69. (In Persian).
5. Asadi, B., Dorri, H.R., and Ghadiri, A. 2011. Evaluation of cheetah bean genotypes to drought stress based on stress tolerance indices. Iranian Journal of Seed and Plant Production 4: 27(1): 615-630. (In Persian).
6. Bayat, A.A., Sephri, A., Ahmadvand, G., and Dorri, H.R. 2010. Effect of water deficit stress on yield and yield component of cheetah bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 12(1): 42-54. (In Persian).
7. Borujerdnia, M., Bihamta, M.R., Alami Saeed, Kh., and Abdusi, V. 2016. Effect of drought stress on proline content, soluble carbohydrates, electrolyte leakage and relative water content of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Crop Physiology 29: 41-23. (In Persian).
8. Brevedan, R., and Egli, B. 2003. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence and yield of soybean. Crop Sciences 43: 2083-2088.
9. Davoodi, S., Rahemi-Karizaki, A., Nakhzari-Moghadam, A., and Gholamalipour Alamdari, E. 2017. Evaluation of response of yield, yield components and harvest index of bean (*Phaseolus vulgaris*) to terminal drought stress. Crop Science Research in Arid Regions 1(2): 155-165. (In Persian).
10. Delfan, S., Bihamta, M.R., Hosein zade, A., and Sabokdast, M. 2018. Genetic Diversity in Bean Genotypes (*Phaseolus vulgaris* L.) under Drought Stress Conditions. Journal of Crop Breeding 10(26): 104-119. (In Persian).
11. Earl, H.J., and Davis, R.F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal 95: 688-696.
12. Emadi, N., Jahanbin, Sh., and Baluchi, H.R. 2013. The effect of drought stress and plant density on yield and some physiological characteristics of cheetah beans. Iranian Journal of Crop production and processing 3(8): 36-25. (In Persian).
13. Faramarzi, A., Jamshidi, S., and Salehi, M. 2008. Study of drought stress at different growth stages on yield and yield components of three Chitti bean cultivars. Abstracts of 10th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding, August18-20. Karaj- Iran. p. 465. (In Persian).
14. Frahm, M.A., Rosas, J.C., Mayek-Perez, N., Lopez-Salinas, E., Acosta-Gallegos, J.A., and Kelly, J.D. 2004. Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. Euphytica 136 (2): 223-232.
15. Galeshi, S., and Bayat Tork, Z. 2005. Investigation of the effect of dehydration stress after pollination on seed strength of two wheat cultivars. Iranian Journal of Agricultural Sciences 12(6): 71-63. (In Persian).
16. Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, J., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology 11(1): 100-105.
17. Jing, Y., and Huang, B. 2001. Osmotic adjustment root growth associated wheat drought reconditioning enhanced heat tolerance in Kentucky bluegrass. Crop Sciences 41(4): 1168-1173.
18. Hosseinian, S., and Majnoon Hosseini, N. 2014. Analysis of correlation coefficients between grain yield and yield components in cowpea genotypes under normal and drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 45: 575-583. (In Persian).
19. Koohi-Dehkordi, H., and Khoddambashi, M. 2008. Effect of different humidity conditions on traits related to seed yield on common bean genotypes. Abstracts of 10th Iranian Congress of Crop Production and Plant Breeding, August18-20. Karaj- Iran. p. 468. (In Persian).

20. Moradi, A., Ahmadi, A., and Hosseinzadeh, A.H. 2008. Agronomic-physiological response of mung bean (Parto cultivar) to severe and mild drought stress in vegetative and reproductive growth stages. Iranian Journal of Agricultural Science and Technology 45: 671-659. (In Persian).
21. Morosan, M., Al Hassan, M., Naranjo, M.A., López-Gresa, M.P., Boscaiu, M., and Vicente, O. 2017. Comparative analysis of drought responses in *Phaseolus vulgaris* (common bean) and *P. coccineus* (runner bean) cultivars. The EuroBiotech Journal 1(3): 247-252.
22. Nilsen, E.T., and Orcutt, D.M. 1996. The Physiology of Plants under Stress. John Wiley and Sons, New York.
23. Padilla-Ramírez, J.S., Acosta-Gallegos, J.A., Acosta-Díaz, E., Mayek-Pérez, N., and Kelly, J.D. 2005. Partitioning and partitioning rate to seed yield in drought-stressed and non-stressed dry bean genotypes. In: Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, Vol, 48, Department of Crop and Soil Sciences, Michigan State University.
24. Ramirez Builes, V.H., Porch, T.G., and Harmsen, E.W. 2011. Genotypic differences in water use efficiency of common bean under drought stress. Agronomy Journal 103(4): 1206-1215.
25. Rezaei, A., and Kamgar Haghighi, A.A. 2009. The effect of moisture stress at different stages of growth on the yield of cowpea. Soil and Water Sciences 1: 124-117. (In Persian).
26. Rosales-Serna, R., Kohashi-Shibata, J., Acosta-Gallegos, J.A., Trejo-Lopez, C., Ortiz-Cereceres, J., and Kelly, J.D. 2002. Yield and phenological adjustment in four drought-stressed common bean cultivars. Annual report of the Bean Improvement Cooperative 45: 198-199.
27. Sadeghipour, O., and Aghaei, P. 2012. Response of common bean to exogenous application of salicylic acid under water stress conditions. Environmental Biology 6: 1160-1168.
28. Samarah, N.H. 2005. Effects of drought stress on growth and yield of barley. Agronomy for Sustainable Development 25(1): 145-149.
29. Saxena, N.., Sethi, S.C., Krishnamurty, L., and Haware, M.P. 1995. Hysiological approaches to genetic enhancement of drought resistance in chickpea. In: International Congress on Integrated Studies on Drought Tolerance of Higher Plants, August 29-30. Montpellier, France.
30. Shenkut, A.A., and Brick, M.A. 2003. Traits associated with dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivity under diverse soil moisture environments. Euphytica 133 (3): 339-347.
31. Silva, M.D.A., Jifon, J.L., Da Silva, J.A., and Sharma, V. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology 19(3): 193-201.
32. Szilagyi, L. 2003. Influence of drought on seed yield components in common bean, Bulgarian Journal of Plant Physiology 11: 320-330.
33. Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legume under water deficit conditions in semi-arid environment. European Journal of Agronomy 25(1): 60-70.
34. Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F., and Koca, H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought- tolerant *P. acutifolius* Gray and drought- sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Sciences 168: 223-231.
35. Wakrim, R., Wahabi, S., Tahi, H., Aganchich, B., and Serraj, R. 2005. Comparative effect of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relation and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agriculture, Ecosystems and Environment Journals 106: 275-287.
36. Zabet, M., Hosein zade, A.H., Ahmadi, A., and Khialparast, F. 2003. Effect of water stress on different traits and determination of the best water stress index in mung bean (*Vigna radiata*). Iranian Journal of Pulses Research 34: 889-898. (In Persian).
37. Zobayed, S.M.A., Afreen, F., and Kozai, T. 2007. Phytochemical and physiological changes in the leaves of St. Johns wort plants under a water stress condition. Environmental and Experimental Botany Journals 59: 109-116.

Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: **https://ijpr.um.ac.ir**
Vol. 14, No. 1, June 2023, p. 19-33 (Original Research Article)

Evaluation of yield and some morpho-physiological characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under different irrigation regimes

Rahimi [1], Habibullah; Eshghizadeh[2*], Hamid Reza; Razmjoo[3], Jamshid; Zahedi[4], Morteza; Ghadiri[5], Adel; and Asadi[6], Marzieh

1. MSc. in Agronomy, College of Agriculture, Isfahan University of Technology; rahimy0163@gmail.com ORCID: 0000-0002-8526-5985
2. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology; hr.eshghizadeh@iut.ac.ir; ORCID: 0000-0002-0477-0315
3. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology; krazmjoo@cc.iut.ac.ir; ORCID: 0000-0001-6060-2917
4. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology; mzahedi@iut.ac.ir; ORCID: 0000-0002-0451-4792
5. Assitant Professor, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center; A.Ghadiri@areeo.ac.ir; ORCID: 0000-0002-9046-6650
6. PhD. in Agronomy, College of Agriculture, Isfahan University of Technology; marziyeh.asadi@ag.iut.ac.ir ORCID: 0000-0001-9514-5293

The Dates:
Received: 26 February 2022; Revised: 3 April 2022
Accepted: 27 April 2022; Available Online: 22 June 2023

How to cite this article:
Rahimi, H., Eshghizadeh, H.R., Razmjoo, J., Zahedi, M., Ghadiri, A., and Asadi, M. 2023. Evaluation of yield and some morpho-physiological characteristics of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under different irrigation regimes Iranian Journal of Pulses Research 14(1): 19-33. (In Persian with English abstract). DOI: 10.22067/ijpr.v14i1.2206-1026

Introduction

Pulses, including pinto beans, are a significant source of protein in human nutrition. However, drought is a major environmental stress that negatively affects plant growth and development, ultimately reducing grain yield. Drought stress can disrupt the photosynthetic apparatus, reduce stomatal conductance, and cause premature leaf senescence, leading to a decline in yield and yield components. However, different plant genotypes respond differently to drought stress. In developing countries, around 60% of bean production takes place under drought stress. With over 85% of Iran's land area located in arid and semi-arid regions, pinto bean cultivation in the country is subject to drought stress, necessitating the search for ways to increase yield under such conditions. One strategy is to introduce tolerant and compatible plants. Therefore, this study evaluated 18 pinto bean genotypes under different irrigation regimes to identify drought-tolerant genotypes based on the traits that directly affect crop yield potential.

Materials and Methods

This experiment was conducted in 2019 at Bean Research and Training Campus Farm, Khomein, using a 3-replicate split plot RCBD. The irrigation regimes as main plot consisted 50 (I_1), 70 (I_2) and 110 (I_3) of cumulative evaporation using a standard class "A" evaporation pan.18 pinto bean genotypes (KS21336, KS-21359, KS-21331, KS21293, KS-920054, KS-21284, KS-21374, KS-21195, KS-21318, KS-21168, KS-21373, KS-21158, KS-21359, KS -21486, KS-21488, KS-21573, Ghaffar and Sadri) were considered as subplot. The grains of each genotype were planted in six rows with a length of three meters. Irrigation

* **Corresponding Author:** hr.eshghizadeh@iut.ac.ir

treatments were applied about 30 days after planting. Pest, disease and weed control were performed according to conventional methods during the growing period. Plants were harvested from each experimental unit at physiological maturity stage and leaf area index, leaf relative water content, plant height, grains per plant and in pod, pods number per plant, 100 grains weight, biological yield, grain yield and harvest index traits were recorded. In addition, the drought tolerance index was calculated to identify the tolerant genotypes of pinto beans. Analysis of variance (ANOVA) was performed using the GLM procedure in SAS (version 9.1; Cary, North Carolina, USA). The least significant difference test (LSD) was used to assess the significance of differences in treatment means at the 5 percent probability level.

Results and Discussion

Irrigation regimes caused a significant reduction in leaf area index, leaf relative water content, pods number per plant, grains number per pod, grains per plant, 100 grain weight, grain yield, biological yield and harvest index at I_2 (27, 7, 25, 17, 37, 4, 6, 30 and 11 percent, respectively) and at I_3 (41, 10, 45, 34, 60, 14, 23, 30 and 40 percent, respectively). In general, the rate of decreases was greater with increasing water stress intensity. Therefore, it can be concluded that drought stress negatively impacts plant growth and yield, with the severity of the stress playing a significant role. Drought stress can result in reduced photosynthesis, metabolic disturbances, and even plant mortality. Among the genotypes studied, KS-21318 exhibited the highest grain yield, followed by Ghaffar and KS-21158, respectively. Under normal irrigation conditions, grain yield demonstrated a positive and significant correlation with the number of grains per pod. In the I3 irrigation regime, characterized by severe stress, grain yield showed positive and significant correlations with the number of pods per plant, number of grains per pod, and number of seeds per pod. The pinto bean genotypes examined exhibited notable variations in leaf area index, plant height, number of grains per pod, number of pods per plant, grain yield, harvest index (HI), and drought tolerance index under both mild and severe stress conditions. The highest and lowest harvest index in I_3 irrigation regime (severe stress) belonged to KS-21318 and Ghaffar genotypes. Among the studied genotypes, the highest and lowest mild drought tolerance index belonged to Ghaffar (1.17) and KS-21486 (0.387) genotype, respectively. As well as, the highest and lowest severe drought stress tolerances belonged to Ghaffar (1.12) and KS-21486 (0.373) genotype, respectively.

Conclusion

The correlation coefficients among traits suggest that, for breeding pinto beans with high seed yield, priority should be given to the number of pods per plant, followed by the number of seeds per pod and the total number of seeds per plant. The Ghaffar genotype was found to be drought-tolerant in terms of grain yield, among the genotypes studied. Overall, there was a significant variation in response to different irrigation levels, highlighting the potential for breeding and selecting pinto beans for drought tolerance.

Keywords: Drought، Food security، Grain yield، Production stability، Tolerant genotype